



Programme REBECCA

Estimation de la faisabilité d'une coupe mécanique de cannes fibreuses au cours de l'année dans la zone cannière de Capesterre-B-E à Sainte-Rose (Guadeloupe)

Chopart J.L. et Sergent G.

Février 2015

Programme REBECCA2 WP1 - Note Scientifique n°4

1 Introduction

La canne combustible, étudiée dans le cadre du projet REBECCA, sera produite en culture mécanisée, en particulier la récolte. Les caractéristiques de la canne combustible étant en partie différentes (rendement, taux de fibres) de celles de la canne à sucre, il a été nécessaire de tester le matériel standard de récolte mécanisée pour voir s'il posait, ou non, des problèmes pour la récolte de la canne combustible. Une première étude de la faisabilité de la récolte mécanique de la canne fibreuse à vocation de combustible a donc été effectuée sur le dispositif expérimental du Fromager à Capesterre-Belle-Eau. L'étude de terrain a été réalisée en mai et en novembre après des séquences plus ou moins pluvieuses et donc dans plusieurs conditions d'humidité et de traficabilité du sol. Le suivi de la qualité de la coupe et parallèlement celui de la pluviométrie et de l'humidité du sol ont permis d'estimer la limite de traficabilité du sol avec une coupeuse à pneus en fonction de la pluviosité au cours des 10 jours précédents le test de coupe (Chopart *et al.* 2015).

Une modélisation empirique a été utilisée, dans ce travail, pour estimer le nombre de jours dans l'année où la coupe serait possible dans un environnement pédo-climatique plus vaste que celui du Fromager, tout en restant similaire, pour permettre une extrapolation des résultats obtenus au Fromager. On a retenu le croissant sucrier de Basse-Terre allant du sud de Capesterre-Belle-Eau à Sainte-Rose.

L'objectif de l'étude est de mieux connaître les possibilités, conditions et limites de la coupe mécanique de la canne à vocation de combustible pour la principale zone ciblée en Guadeloupe, dans le cadre du projet REBECCA.

2 Matériel et Méthodes

2.1 Zone et sites retenus pour l'étude

L'estimation de la faisabilité de la coupe dans la zone cannière allant de Capesterre-Belle Eau à Sainte-Rose a été faite dans des zones cultivées en canne à sucre proches de la côte, à une altitude inférieure ou égale à 300 mètres. Cinq postes de mesure pluviométrique ont été retenus entre les communes de Capesterre-Belle Eau et de Sainte-Rose (figure 1A et tableau 1). Parmi ces postes, trois permettent d'étudier les variations de pluviométrie entre Capesterre-Belle Eau et Sainte-Rose (distants d'environ 40 km) à faible altitude (moins de 30 m), où la culture de la canne à sucre est concentrée. Trois postes permettent également d'étudier ces variations en fonction de l'altitude entre 10 mètres et 306 m dans la commune de Capesterre-Belle-Eau où les travaux expérimentaux sur la canne fibre se sont concentrés.

La pluviométrie des trois postes suivants a été mesurée par le Cirad : Roujol, Fromager et Neufchâteau (altitudes 10, 120 et 306 m respectivement). Les données des deux autres postes : Capesterre Bas (altitude 10 m) et Sainte-Rose (altitude 26 m) correspondent à des données anciennes acquises par le Cirad (tableau n°1).

Le nombre d'années et les dates de début et fin des séries ne sont pas les mêmes d'un poste à l'autre, mais il y a toujours au moins 4 ans de mesures consécutives, ce qui permet d'estomper les biais liés à l'hétérogénéité de la série de données.

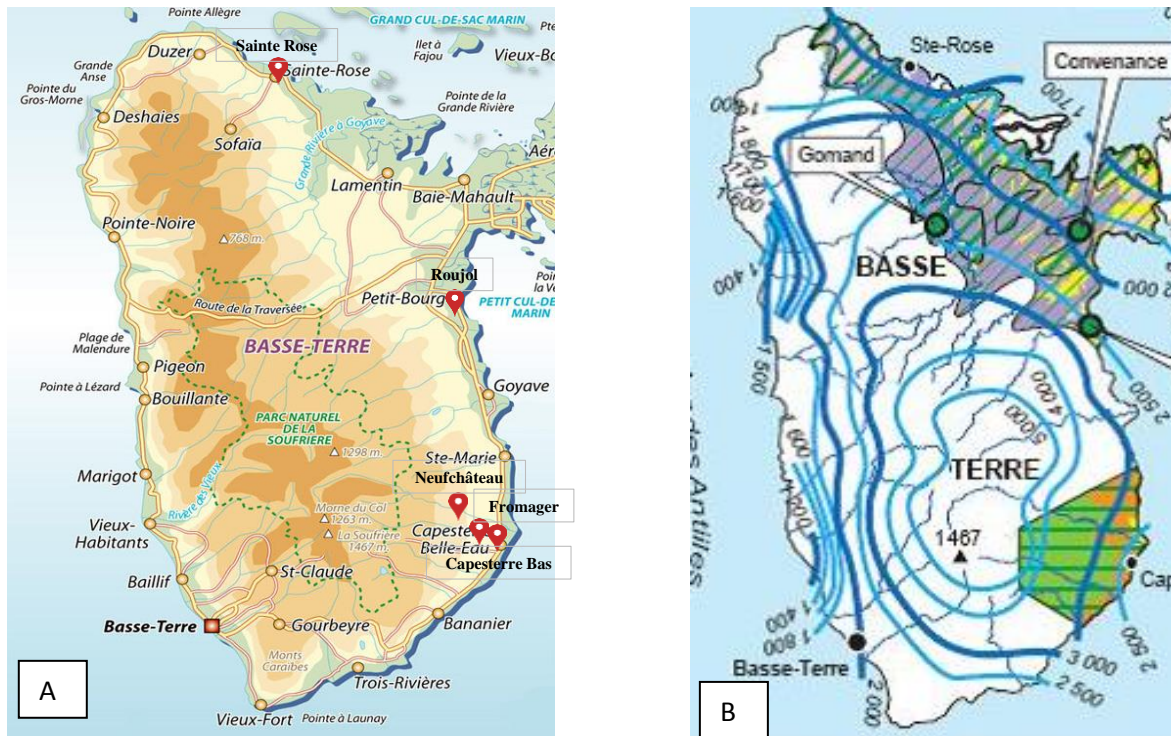


Figure 1. Figure 1A : Localisation des sites de mesure pluviométrique entre Capesterre-Belle-Eau et Sainte-Rose et donc de la zone concernée par l'étude. La distance entre Capesterre-Belle Eau et Sainte Rose est d'environ 40 km. Figure 1B : Isohyètes en Basse-Terre (Extrait de Brouwers *et al.*, Cirad, 2004)

Tableau 1. Description sommaire des 5 sites de mesures pluviométriques et des séries pluviométriques utilisées

Station	Fromager	Capesterre	Neufchateau	Roujol	Sainte Rose
Altitude (m)	120	10	306	10	23
Nombre d'années disponibles	4	11	11	10	4
Début	01/01/2011	01/01/2001	01/01/2004	15/07/2000	01/01/1996
Fin	30/11/2014	15/10/2011	31/12/2014	31/12/2009	31/12/99
Cumul de pluies (mm/an)	3043	1888	3939	2038	1770

Les cumuls de pluies pendant les séries pluviométriques de l'étude (tableau 1) sont très comparables à ceux présentés en figure 1B, issus d'un zonage climatique.

21 Modélisation pour l'estimation des jours de coupe possible

Modèle 1

L'estimation des jours où la coupe est possible, ou non, avec une coupeuse à roues en fonction de la pluviosité des jours précédents a été faite en utilisant le même modèle que celui issu de l'étude expérimentale effectuée au Fromager (Capesterre-Belle-Eau, 120 m d'altitude, pente d'environ

7 %) en estimant que, dans la zone concernée par l'étude, les caractéristiques du sol (origine volcanique texture et hydrodynamique de surface proches) sont plus ou moins homogènes et que la pente n'est pas supérieure à celle du site d'étude au Fromager.

Dans ce modèle le seuil de faisabilité de la récolte mécanique au-dessus duquel la coupe est considérée impossible ou non souhaitable dépend des précipitations cumulées des jours précédents PC_j (en mm). Ce seuil a été estimé par l'équation 1 (Chopart *et al.*, 2015) :

$$PC_j = 20 + N_j * 10 \quad (\text{Eq1})$$

Avec

N_j : Nombre de jours précédant la coupe, avec un numéro de jour j minimum de 1 correspondant à la pluie des dernières 24 h (entre 7h la veille et 7 h le matin du jour de la coupe) et un maximum de 10 jours.

PC_j : valeur maximale (en mm) de la pluie cumulée pour permettre la coupe, calculée sur j jours

Pour évaluer la faisabilité ou pas de la récolte un jour donné, on considère donc la valeur maximale de PC_j au cours de chacun des 10 jours précédant le test. Si, lors de l'un des 10 jours précédant la coupe, la hauteur cumulée de pluies est supérieure à PC_j , on considère que la coupe n'est pas possible. Par exemple, si un matin y a eu une pluie de 25 mm au cours des 24 h précédent et aucune autre pluie les 10 autres jours précédents la coupe est possible (mais devient impossible s'il a plu 30 mm). S'il y a eu une séquence pluvieuse de plusieurs jours plus ou moins consécutifs, pendant 8 jours par exemple, il ne faut pas dépasser le seuil de PC_8 soit 100 mm de pluies cumulées (Eq1) pour que la coupe soit possible. Ainsi, la coupe est possible si, au cours des 8 jours précédents, il y a eu trois pluies de 20 mm 8 jours avant, 50 mm 6 jours avant et 10 mm 4 jours avant. En revanche, elle ne serait pas possible s'il y avait eu une pluie supplémentaire de 30 mm, par exemple 7 jours avant (on aurait en effet un cumul de 110 mm au cours des 8 jours précédents et donc seuil de PC_8 de 100 mm serait dépassé).

Modèle 2

Afin de simuler les conditions de récolte un peu plus favorable avec une coupeuse à chenilles ou sur une pente plus faible que celle des tests au Fromager qui ont conduit au modèle de l'équation 1, le nombre de jours de récolte possible a été calculé en modifiant légèrement l'équation 1 (Eq1). La pluviosité cumulée considérée comme limite pour la récolte a été augmentée de 25%. L'équation de limite de faisabilité de récolte devient donc :

$$PC_j = 25 + N_j * 12.5 \quad (\text{Eq2})$$

Avec :

PC_j : Pluviosité cumulée en mm sur un nombre de jours j

N_j : nombre de jours précédents la coupe, avec un N minimum de 1 correspondant à la pluie des dernières 24 h (entre 7 h la veille et 7 h le matin du jour de la coupe) et un maximum de 10 jours.

3 Résultats Discussion

31 Evaluation du nombre de jours par mois et par an où la coupe est possible en fonction de la période de l'année suivant le modèle 1

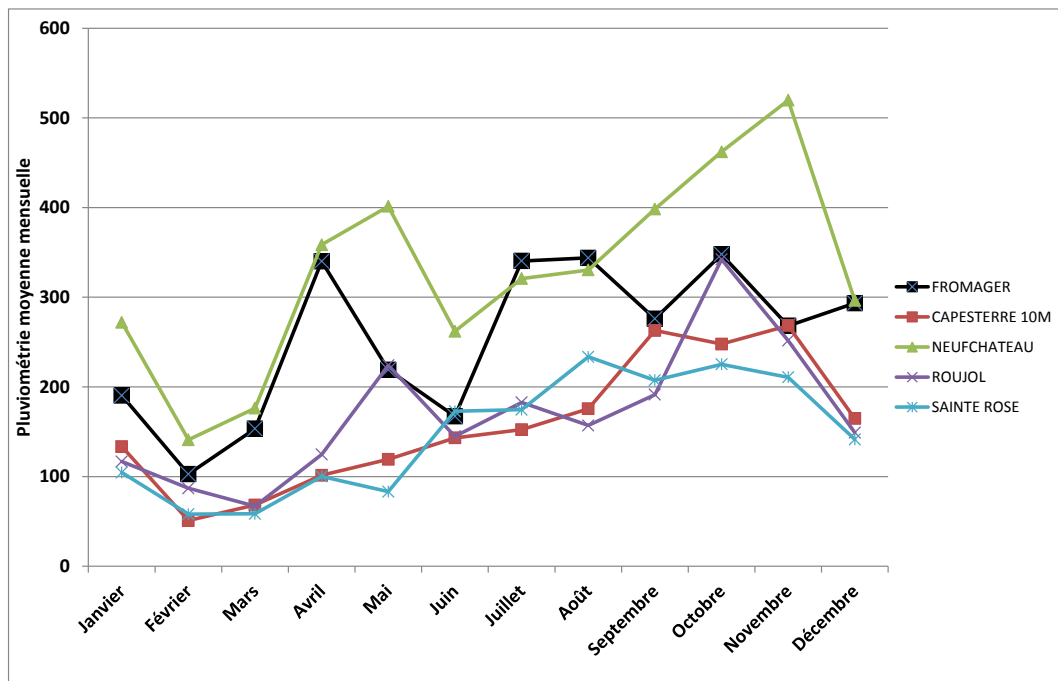


Figure 2. Pluviosité mensuelle moyenne des 5 sites d'études, établie sur la base des années figurant dans le tableau 1.

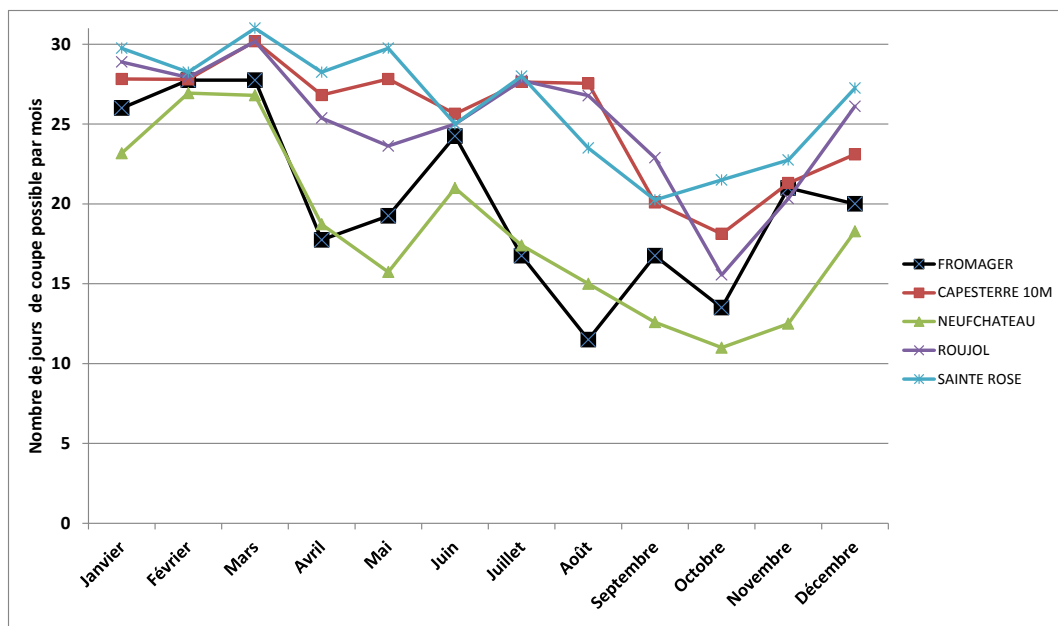


Figure 3. Fluctuation au cours de l'année du nombre de jours par mois où la coupe mécanique est possible, suivant le modèle 1 (Eq1).

A faible altitude, la pluviosité mensuelle augmente assez régulièrement entre février mars et octobre-novembre, pour ensuite diminuer (figure 2) ; elle est donc monomodale. A une altitude un peu plus élevée, et avec les séries de données prises en compte, ce caractère monomodal de pluviosité paraît légèrement perturbé par une seconde période de fortes pluies en avril ou avril-mai.

Il existe une assez forte différence de nombre de jours de coupe possible d'un site à l'autre (figure 3), en liaison avec la pluviosité (tableau 1 et figure 2). Les deux sites avec le moins de jours de coupe possible sont ceux du Fromager et de Neufchâteau, où la pluviosité est la plus élevée. Pour chacun des cinq sites, c'est la période allant de début septembre à fin novembre qui pose le plus de problème pour la coupe. Toutefois, pour les sites de Neufchâteau et du Fromager, il semble exister une seconde période de récolte plus difficile en avril et mai.

Le cumul de jours où la coupe mécanique de la canne n'est pas possible passe de 50 jours par an à Sainte Rose à presque 150 jours par an à Neufchâteau (tableau 2).

Tableau 2. Nombre de jours par an pendant lesquels la coupe mécanique est estimée impossible sur les sites étudiés.

	Altitude (m)	Pluviométrie mm par an	Nb de jours de coupe impossible
Capresterre bas	10	1888	61
Fromager	120	3043	123
Neufchateau	306	3939	146
Petit-Bourg Roujol	10	2038	65
Sainte-Rose Galbas	23	1770	50

Malgré le faible nombre de sites étudiés (5), il a été possible d'établir une relation entre la pluviosité totale annuelle d'un site et le nombre de jours de coupe impossible (Figure 4) :

$$NJC = CAP * 0.452 - 25.5 \quad N=5 \quad R^2 = 0.974 \quad (\text{Eq 2})$$

Avec :

NJCI : Nombre de jours de coupe impossible/an

CAP : Cumul annuel de pluies en mm

Cette relation linéaire, avec un R^2 supérieur à 0,97, peut être considérée comme consistante dans son domaine de validité limité à la zone étudiée, avec les pluies annuelles de 1 700 à 4 000 mm/an.

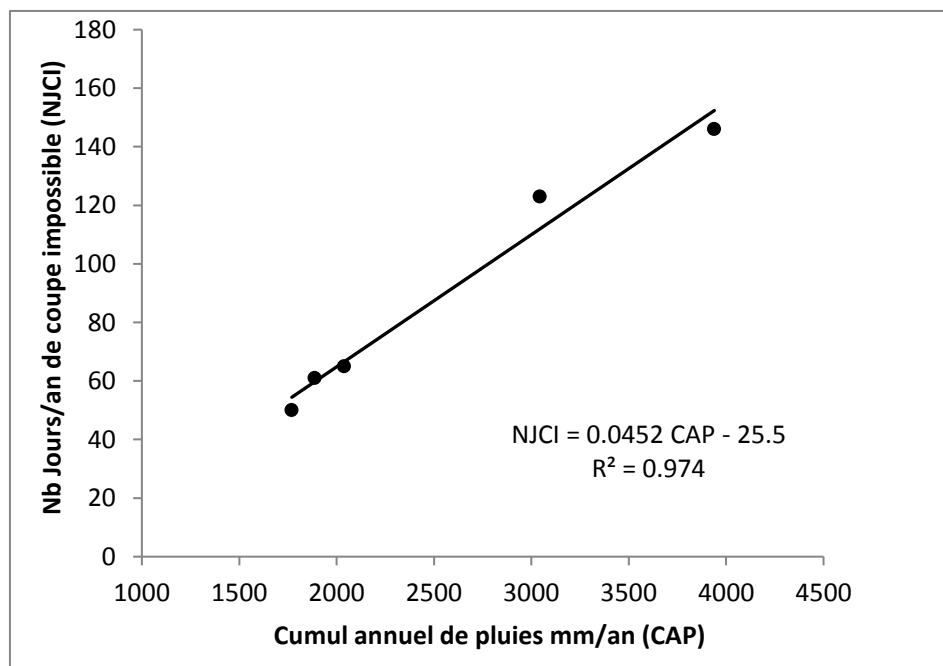


Figure 4. Nombre de jours par an pendant lesquels la coupe mécanique n'est pas possible (NJCI) en fonction du cumul annuel de pluviométrie (CAP), calculé suivant le modèle décrit en équation 1. L'abscisse (CAP) ne commence pas à 0 mais à 1000 mm/an, parce que des pluviosités inférieures à 1000 mm/an sont nettement en dehors du champ de l'étude.

A Capesterre-Belle-Eau, où l'on dispose de 3 sites à des altitudes différentes entre 10 et 300 m (tableau 1), il existe également une relation entre l'altitude et le nombre de jours de coupe possible. Ceci était prévisible dans la mesure où, dans la zone d'étude, il existe une relation étroite et bien établie entre l'altitude et le cumul annuel des pluies (figure 1 B). En conséquence, cette relation entre altitude et nombre de jours de coupe n'est pas présentée ici car elle serait redondante avec celle liant le cumul annuel de pluies et le nombre de jours sans coupe possible (figure 3).

32 Evaluation du nombre maximum de jours consécutifs sans coupe possible et du nombre de périodes >10 jours sans coupe possible avec le modèle 1

Le nombre de jours consécutifs au cours desquels il ne serait pas possible de couper la canne est un élément important pour dimensionner le volume de biomasse à stocker au niveau de l'unité de combustion de la biomasse afin de pouvoir assurer la continuité de l'unité industrielle. Mais c'est un élément difficile à obtenir, comme la plupart des valeurs maximales d'une série de données, car dépendant de la longueur de la série. Or, ici, les séries sont à la fois relativement courtes (11 ans pour la plus longue série) et variables d'un site à l'autre.

Dans le tableau 3, à côté de la série la plus longue (maxi), la seconde série a aussi été affichée afin: (i) de repérer des valeurs exceptionnelles et (ii) d'aider l'industriel dans le dimensionnement de son aire de stockage de canne fibre, s'il considère qu'il peut accepter une rupture momentanée d'approvisionnement externe. Comme pour le nombre de jours par an sans coupe possible, la plus longue période sans coupe est liée à la pluviosité et à l'altitude (tableau 3).

Tableau 3. Etude du nombre de jours consécutifs où il n'a pas été possible de couper : nombre le plus élevé de jours au cours de la période d'étude (maxi) et nombre de jours de la seconde plus longue période (2ème).

	Altitude (m)	nb d'années de l'étude	Nombre de jours consécutifs où la coupe n'est pas possible	
			maxi	2ème
Capresterre bas	10	11	23	22
Fromager	120	4	24	23
Neufchateau	306	11	47	36
Petit-Bourg Roujol	10	10	25	17
Sainte-Rose Galbas	23	4	18	11

Les sites où l'on ne dispose que de 4 ans produisent, *a priori*, des résultats plus fragiles. Ainsi, pour le site du Fromager, la valeur maximale de 24 jours consécutifs sans coupe apparaît un peu sous-évaluée si on la compare aux résultats du point bas de Capresterre-Belle-Eau et de Neufchâteau. Par ailleurs, à Neufchâteau, la valeur de 47 jours sans coupe possible a été observée sur la plus longue période de 11 ans et l'écart important avec la seconde série, dont la durée n'est que de 36 jours, semble indiquer que la valeur de 47 jours peut être considérée comme un peu atypique.

En considérant les chiffres obtenus et les réserves précédentes, il est possible d'estimer à une durée d'environ 25 jours la période maximale d'impossibilité de couper à faible altitude (< 100 m), dans la zone de l'étude.

Tableau 4. Nombre moyen de périodes par an pendant lesquelles la coupe n'est pas possible pendant une séquence supérieure à 10 jours consécutifs.

	Altitude (m)	nb d'années de l'étude	Nb de périodes > 10 jours sans coupe possible (nb/an)
Capresterre bas	10	11	1.3
Fromager	120	4	4.3
Neufchateau	306	11	4.8
Petit-Bourg Roujol	10	10	1.2
Sainte-Rose Galbas	23	4	0.5

La période la plus longue sans pouvoir couper (tableau 4) est un élément important pour le dimensionnement du stockage de réserve, mais le caractère plus ou moins récurrent des périodes d'arrêt de coupe l'est aussi. C'est pourquoi le nombre de périodes sans coupe supérieure à 10 jours a été identifié dans les séries et les valeurs ramenées à un nombre de périodes par an pour tenir compte des séries plus ou moins longues d'un site à l'autre. Les résultats (tableau 4) vont dans le même sens que les précédents (tableau 3). A faible altitude (< 100 m), il y a, en moyenne annuelle, moins de 1,5 période de plus de 10 jours sans coupe possible. A 300 mètres d'altitude, avec une pluviosité de presque 4 mètres par an, il y a environ 5 périodes par an de plus de 10 jours sans coupe possible.

33 Evaluation du nombre de jours par mois et par an où la coupe est possible en fonction de la période de l'année avec le modèle 2

Le modèle 2 conduit, comme on pouvait s'y attendre, à des nombres de jours de coupe possible supérieurs à ceux du modèle 1 (tableau 5). Ainsi, suivant ce modèle, il n'y a plus de mois pendant lesquels le nombre de jours de coupe possible est inférieur à 15 jours (figure 4). Les fluctuations au cours de l'année suivant le modèle 2 (figure 4) sont proches de celles du modèle 1 (figure 2) avec un léger décalage.

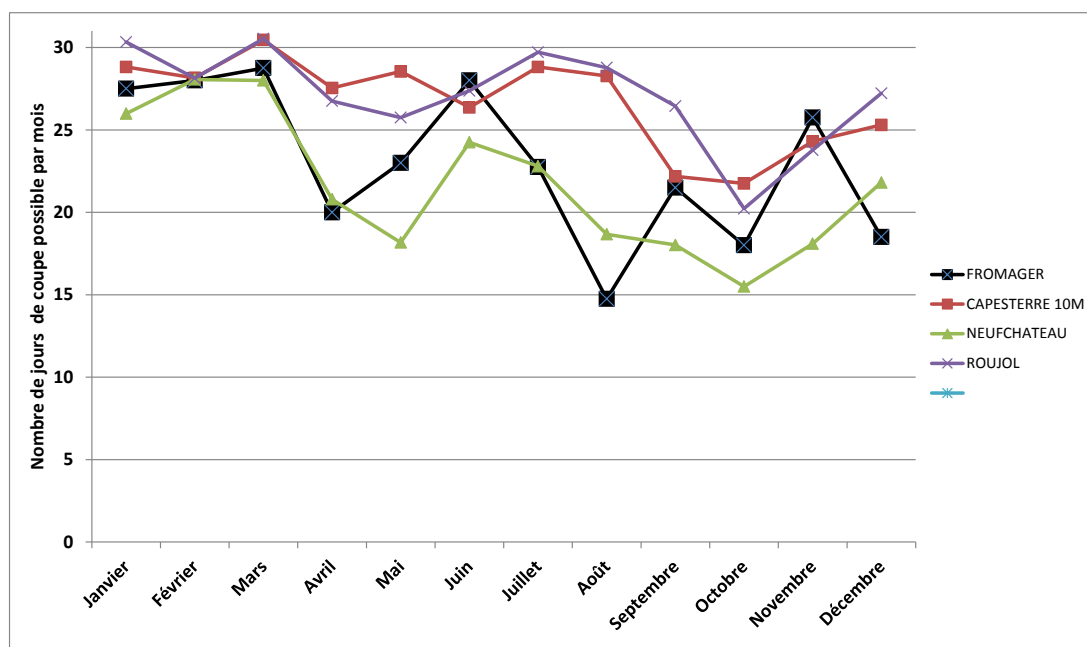


Figure 4. Fluctuation au cours de l'année du nombre de jours par mois où la coupe mécanique est possible suivant le modèle 2

Avec le modèle 2, le nombre total de jours pendant lesquels la coupe n'est pas possible est réduit par rapport aux résultats avec le modèle 1 (tableau 5). Cela concerne tous les sites avec, en moyenne, un écart de 31%. Le nombre maximum de jours consécutifs sans coupe possible est également diminué par rapport au modèle 1 mais dans une proportion un peu plus faible (écart de 19% en moyenne). Il y a toutefois un assez grand écart d'un site à l'autre (tableau 5).

Tableau 5. Comparaison des résultats des modèles 1 et 2 : nombre de jours par an pendant lesquels la coupe mécanique est estimée impossible sur les sites étudiés suivant les deux modèles et nombre le plus élevé de jours au cours au cours de la période d'étude.

	Pluviométrie mm par an	Nb de jours par an de coupe impossible		Nb maxi de jours consécutifs où la coupe n'est pas possible	
		Modèle 1	Modèle 2	Modèle 1	Modèle 2
Capresterre bas	1888	61	44	23	20
Fromager	3043	123	88	24	22
Neufchateau	3939	146	105	47	35
Petit-Bourg Roujol	2038	65	40	25	24
Sainte-Rose Galbas	1770	50	27	18	10

4 Conclusion

Une étude expérimentale précédente au Fromager a identifié et modélisé la limite des conditions climatiques rendant possible ou impossible la coupe mécanique de la canne fibre (Chopart *et al.*, 2015). Ceci a permis de conduire une étude fréquentielle des jours de coupe possible avec une coupeuse à pneus, basée sur ces résultats, sur la pluviosité du Fromager (Capesterre-Belle-Eau) puis, ici, de quatre autres sites entre Capesterre-Belle-Eau et Sainte-Rose.

Dans la zone considérée, le nombre total de jours où la coupe n'est pas possible dépend peu de la localisation à de faibles altitudes entre 0 et 20 mètres. Il est en effet de 50 jours/an à Ste Rose et de 61 jours/an à Capesterre-Belle-Eau. En revanche, il dépend étroitement du cumul pluviométrique annuel avec un maximum sur les hauteurs de Capesterre-Belle-Eau (146 j/an). Cette relation linéaire, associée à celle, déjà établie dans la zone entre la pluviosité annuelle et l'altitude, devrait faciliter l'estimation du nombre de jours de coupe possible par an sur une exploitation dont la pluviosité annuelle où, à défaut, l'altitude est connue.

Pour chaque site, c'est, logiquement, pendant la période la plus sèche de l'année (entre début janvier et fin mars), que les jours de coupe possible sont les plus nombreux. Pour les sites à faible altitude, il est possible de couper au moins 22 jours par mois entre décembre et août. Pendant la période de plus grande difficulté de coupe, en septembre et octobre, il reste néanmoins au moins 10 jours de coupe possible, même dans les sols avec une pente de 5 à 7% et à 300 mètres d'altitude. Les périodes de plus de 10 jours sans coupe possible vont en moyenne de 0,5 à 1,5 par an à faible altitude à 5 par an à 300 mètres d'altitude. Les périodes les plus longues sans coupe possible, observées pendant les séries pluviométriques utilisées, fluctuent de 20 jours à faible altitude à environ 40 jours à 300 mètres d'altitude.

Ceci devrait conduire l'industriel, utilisateur de cette biomasse, à prévoir des stocks et/ou des biomasses alternatives pour alimenter la centrale pendant les périodes de coupe impossible. Toutefois, les longues périodes de forte pluviosité, sans possibilité de récolte, ne surviennent généralement pas en même temps et partout entre Sainte-Rose et Capesterre-Belle-Eau, sauf en cas de cyclone. Au niveau du bassin d'approvisionnement de l'unité de traitement de la canne fibre, la répartition spatiale des pluies devrait permettre de réduire les stocks de réserve.

Les possibilités, conditions et limites actuelles de la coupe mécanique de la canne à vocation de combustible sont maintenant estimées pour la principale zone ciblée pour la culture de la canne à vocation de combustible en Guadeloupe. Elles restent préliminaires mais elles fournissent des éléments pour les calculs économiques et logistiques. Ces données doivent aussi permettre d'informer les agriculteurs et les sociétés de coupe de canne, potentiellement intéressés. Cette étude contribue donc à l'élaboration de scénarios de développement d'une filière agricole de production de canne fibre à vocation de combustible.

Toutefois, la filière canne-énergie ne sera mise en œuvre que dans quelques années. Or les calculs de cette étude ont été basés sur des séries climatiques passées. Les résultats et conclusions ne peuvent donc être utilisés, pour l'avenir, que sous une hypothèse de stabilité de la pluviosité. Suite aux travaux de nombreux climatologues, notamment dans le cadre du GIEC, il se confirme que les températures ont une tendance globale à augmenter avec des conséquences variables sur les précipitations. D'après les modèles du GIEC, ce changement climatique semble se traduire

par une réduction des précipitations dans la plupart des îles de la zone caribéenne et spécialement dans la partie où se trouve la Guadeloupe (Dupont 2014). La Guadeloupe elle-même ne fait pas partie de l'étude utilisée par Dupont (INSMET 2009). Mais, dans l'île la plus proche, la Dominique, deux modèles réalistes du GIEC (A2 et B2) prédisent, entre 2009 et 2030, une augmentation des températures de 1.03 °C (scénario A2) à 1.1 °C (scénario B2) avec une diminution des précipitations annuelles de -1 % (scénario A2) à -16% (scénario B2). Il est prévu que cette diminution progressive des pluies se poursuive à des horizons plus lointains (2050, 2070). La tendance en Guadeloupe est donc à une réduction des pluies. Cela aura, bien sûr, des conséquences importantes sur l'agriculture. Mais les résultats actuels de faisabilité de la récolte en fonction de la pluviosité devraient rester valables dans les prochaines années.

Références

Brouwers M., Oriol P., Roques D., 2004. Zonage pédo-climatique pour la sélection variétale de la canne à sucre en Guadeloupe et Marie Galante. Poster Cirad Montpellier.

Chopart J.L.^a, Berland J.^b, Lafont A.^b, Sergent G.^a 2015. Faisabilité et performances d'une coupe mécanique des variétés de cannes fibres du projet REBECCA2 en climat humide et sol volcanique. Note scientifique REBECCA2 WP1 n°3 janvier 2015. 11 p. (^a Cirad, ^b Quadran)

Dupont L. 2014. Le changement climatique et ses implications économiques sur le secteur touristique à la Guadeloupe et à la Martinique (Petites Antilles). Etudes caribéennes.
<http://etudescaribeennes.revues.org/6750>

INSMET (2009). PRECIS estimates for monthly rainfall and temperature for Caribbean to 2090, Instituto de meteorologia de la Republica de Cuba. (cité par Dupont 2014).